پایان نامه کارشناسی ارشد برق مخابرات

طراحی و شبیه سازی آنتن میکرو استریپ با تغذیه روزنه ای

دانشجو: اردشیر شیخی

استاد راهنما: دکتر مجید افصحی

شهریور ۱۳۹۳

تقدیم به:

آنان که بودنشان، هست های مرا رغم زد...

آنان که بیش از خودم مرا دوست میدارند...

به مادرم که مهربان ترین آفریده خداست...

با تشکر از استاد گرانقدر:

دکتر مجید افصحی که با راهنمایی های خود مرا در پیشبرد اهداف این پایان نامه یاری نمودند. و بارها با مناعت خود به

من درس زندگی آموختند، این چنین نقشی زیبا از ایشان همواره در ذهنم باقی خواهند ماند.

چکیده

دراین پایان نامه ابتدا آنتن های میکرواستریپ و انواع روش های تغذیه‌ای آن توضیح داده شده است. سپس با بررسی دقیق تر مدل تغذیه‌ی روزنه ای و بحث بر سر مدار معادل الکتریکی بر اساس مدل خط انتقال، به شبیه سازی یک آنتن نمونه پرداخته ایم. با دقت در روابط مورد بحث و المان های موثر در نرم افزار HFSS.13 یک آنتن میکرواستریپ با فرکانس تشدید ۳GHz و پهنای باند ۴.۴٪ و بهره ی ۹.۶۸dB طراحی شده است. در مورد بحث موج میلیمتری نیز پس از معرفی و ارائه کاربردهای این نوع آنتن، با توجه به بحث کاهش بهره و پهنای باند، طرح جدیدی ارائه نموده‌ایم که نشان می‌دهد در فرکانس های بالاتر نیاز به تغییر الگو وجود دارد، یعنی نمی‌توان فقط با کاهش ابعاد آنتن در مقایسه با طول موج، فرکانس کاری آنتن را بدون خسارت به سایر مشخصات افزایش داد. طرح ارائه شده با توجه به شکل و ساختار آن از لحاظ ساخت نیز به صرفه می‌باشد. برای حذف تشعشع پشتی از یک لایه زمین دوگانه استفاده شده است. با شبیه سازی این طرح در فرکانس تشدید ۳۰GHz به پهنای باند ٪۲۵ و بهره ی ۴.۵dB رسیده ایم. در بحث دوبانده کردن، با توجه به تحت تاثیر بودن فرکانس کاری آنتن از قطعه فرعی، برای تطبیق از دو قطعه فرعی برای تطبیق استفاده کرده ایم که پس از مطالعات پارامتریک و آزمایش مقادیر مختلف برای طول قطعه فرعی که بصورت سری با مدار قرار گرفته است تاثیر آن بر نمودار توان بازگشتی و پهنای باند آنتن مشاهده شده است. با در نظر گرفتن شرایط بهره‌ی آنتن در هر دو فرکانس ارسالی و دریافتی و عدم تداخل این دو بازه و بهره-مندی از پهنای باند مناسب برای آنتن به دو فرکانس تشدید ۳۰GHz با پهنای باند ٪۴.۳ و بهره‌ی ۴.۵۸dB و فرکانس تشدید ۲۳.۵GHz با پهنای باند ٪۲.۸ و بهره‌ی ۶.۴۹dB دست یافته ایم که نشان می‌دهد در هر دو باند آنتن از بهره ی خوبی برخوردار است که قادر به ارسال برای مرحله‌ی ساخت می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ای برآنتن های میکرواستریپ ۱

۱-۱ تاریخچه و تعاریف کلی ۲

۱-۲ مزایا و معایب وکاربرد آنتن های پچ میکرواستریپ ۴

۱-۳ روشهای تحلیل آنتن میکرو استریپ ۵

۱-۳ روشهای تغذیه ۵

فصل دوم: آنتن میکرواستریپ با تغذیه روزنه ای ۷

۲-۱ شکل کلی و مدار معادل ۸

۲-۲ خواص روش تغذیه روزنه ای ۱۳

۲-۳ بررسی اثر ابعاد مختلف آنتن بر روی پارامتر های آن ۱۳

۲-۴ طراحی برای شبیه سازی ۱۷

۲-۵ شبیه سازی آنتن در فرکانس ۳GHz ۲۱

۲-۶ بررسی اثر ضخامت زیرلایه ها ۲۵

فصل سوم: امواج میلیمتری ۲۸

۳-۱ مقدمه ۲۹

۳-۲ تاریخچه ۳۰

۳-۳ برتری امواج میلیمتری نسبت به سایر امواج ۳۰

۳-۴ کاربرد امواج میلیمتری ۳۱

۳-۴-۱ رادارها : ۳۱

۳-۴-۲ تصویر برداری : ۳۳

۳-۴-۳ مخابرات : ۳۴

۳-۵ طراحی آنتن میکرو استریپ با تغذیه روزنه ای برای محدوده موج میلیمتری ۳۴

۳-۶ طرح جدید برای محدوده ی موج میلیمتری ۳۸

فصل چهارم: آنتن های دوبانده ۴۲

۴-۱ مقدمه : ۴۳

۴-۲ روش جدید برای دوبانده کردن ۴۳

۴-۳ طراحی برای محدوده ی امواج میلیمتری ۴۶

فصل پنجم : جمع بندی و نتیجه گیری و پیشنهادات ۵۱

جمع بندی و نتیجه گیری ۵۲

پیشنهادات ۵۳

منابع ۵۴

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۵۶

فهرست شکل ها **صفحه**

شکل ۱-۱. نمای کلی آنتن پچ میکرواستریپ ۳

شکل ۱-۲. انواع پچ های رایج در آنتن میکرواستریپ ۳

شکل۱-۳. انواع روشهای تغذیه درآنتن میکرواستریپ ۶

شکل۲-۱. نمای کلی یک آنتن میکرواستریپ با تغذیه روزنه ای ۸

شکل ۲-۲. نمایش نحوه هدایت میدان الکتریکی به داخل روزنه ۹

شکل ۲-۳. مدارمعادل خط انتقال آنتن میکرواستریپ با تغذیه روزنه ای ۱۰

شکل ۲-۴. مدار معادل الکتریکی آنتن ۱۰

شکل ۲-۵. مدار معادل برای قسمت تشعشع کننده ۱۱

شکل ۲-۶. نمودار تغییر ثابت دی الکتریک برحسب فرکانس ۱۴

شکل۲-۷. ابعاد خط تغذیه وقطعه فرعی برای آنتن ۲۰

شکل ۲-۸. ابعاد روزنهی تغذیه برای آنتن میکرواستریپ ۲۰

شکل۲-۹. آنتن شبیه سازی شده در فرکانس ۳GHz ۲۲

شکل۲-۱۰. نمودار توان بازگشتی برای طراحی بهینه فرکانس ۳GHz ۲۳

شکل ۲-۱۱. نمودار امپدانس موهومی و حقیقی برای طراحی بهینه فرکانس ۳GHz ۲۳

شکل ۲-۱۲. نمودار بهره برای طراحی بهینه فرکانس۳GHz ۲۴

شکل۲-۱۳. نتایج بهره و توان بازگشتی برای ضخامت ۰.۲۰۳ mm ۲۵

شکل۲-۱۴. نتایج بهره و توان بازگشتی برای ضخامت ۰.۳۰۵ mm ۲۶

شکل۲-۱۵. نتایج بهره و توان بازگشتی برای ضخامت ۰.۴۰۶ mm ۲۶

شکل۲-۱۶. نتایج بهره و توان بازگشتی برای ضخامت ۰.۵۰۸ mm ۲۶

شکل۲-۱۷. نتایج بهره و توان بازگشتی برای ضخامت ۰.۸۱۳ mm ۲۷

فهرست شکل ها(ادامه) **صفحه**

شکل ۳-۱. نمودارتوان بازگشتی برای طراحی بهینه فرکانس ۳۰GHz ۳۵

شکل ۳-۲.نمودار امپدانس موهومی و حقیقی برای طراحی بهینه فرکانس ۳۰GHz ۳۶

شکل ۳-۳. نمودار بهره برای طراحی بهینه فرکانس ۳۰GHz ۳۶

شکل ۳-۴.نمودار بهره برای طراحی بهینه فرکانس ۳۵GHz ۳۷

شکل ۳-۵.آنتن میکرواستریپ با روزنهی هم اندازه ی پچ ۳۹

شکل ۳-۶. نمودار توان بازگشتی و پهنای باند آنتن ۴۰

شکل ۳-۷. الگوی تشعشعی آنتن در فرکانس ۳۰GHz ۴۱

شکل ۳-۸. نمودارنسبت موج ساکن برای آنتن طراحی شده در فرکانس ۳۰GHz ۴۱

شکل۴-۱.یک آنتن نمونه در فرکانس ۲.۲GHz ۴۴

شکل۴-۲. توان بازگشتی و فرکانس تشدید آنتن نمونه ۴۴

شکل۴-۳. توان بازگشتی و فرکانس تشدید آنتن نمونه با تغییر طول قطعه ی فرعی ۴۴

شکل ۴-۴. شکل خط تغذیه با دو استاب با امپدانس۱۰۰ Ω متصل به آن ۴۵

شکل ۴-۵. توان بازگشتی و فرکانس تشدید آنتن نمونه با تغییر طول دو استاب ۴۶

شکل۴-۶. شکل خط تغذیه با دو استاب با امپدانس۱۰۰ Ω متصل به آن برای فرکانس۳۰GHz ۴۷

شکل ۴-۷. نمودار توان باز گشتی برای طراحی دوبانده فرکانس۳۰GHz ۴۸

شکل ۴-۸. نمودار امپدانس برای طراحی دوبانده فرکانس۳۰GHz ۴۸

شکل ۴-۹. نمودار نسبت موج ساکن برای طراحی دوبانده فرکانس۳۰GHz ۴۹

شکل ۴-۱۰. نمودار بهره برای طراحی دوبانده فرکانس ۳۰GHz ۴۹

شکل ۴-۱۱. نمودار بهره برای طراحی دوبانده فرکانس ۲۳.۵GHz ۵۰

فهرست جدول ها **صفحه**

جدول ۲-۱. مقادیر لازم برای طراحی در فرکانس ۳ GHz ۲۲

جدول ۲-۲.خلاصه نتایج شبیه سازی ۲۴

جدول ۲-۳. ضخامت های ارائه شده و موجود زیرلایهی RO4003c ۲۵

جدول۲-۴. خلاصه نتایج تغییر ضخامت زیرلایه تغذیه ۲۷

جدول ۳-۱. مقادیر طراحی برای فرکانس ۳۰ GHZ ۳۵

جدول ۳-۲ . ابعاد بهینه برای شبیه سازی آنتن در فرکانس های مختلف ۳۸

جدول ۴-۱. نتایج اثر تغییر طول استاب بر فرکانس تشدید ۴۵

جدول ۴-۲. خلاصه نتایج برای تغییر طول استاب ۴۶

جدول ۴-۳. مقادیر استفاده شده برای طراحی آنتن دو بانده موج میلیمتری ۴۷

جدول ۴-۴.خلاصه نتایج شبیه سازی برای طراحی آنتن دوبانده موج میلیمتری ۵۰

فصل اول

مقدمه ای برآنتن های میکرواستریپ

۱-۱ تاریخچه و تعاریف کلی

نظریه تئوری آنتن میکرو استریپ[۱] ابتدا در سال ۱۹۵۰ ارائه شد. اولین آنتن عملی در سال ۱۹۷۰ که دارای یک مدل خوب از طلا و مس و ثابت دی‌الکتریک با محدوده وسیع و جذب دمای کم و تانژانت تلفات کم بود ساخته شد[۱].

از سال ۱۹۷۰ کمیته های بین المللی آنتن، تلاش های بیشتری را برای تحقیق آزمایشگاهی و تئوریکی برای آنتن های پچ[۲] میکرو استریپ اختصاص دادند. آنتن های پچ میکرو استریپ یکی از رایج‌ترین و پرکاربردترین آنتن های مسطح هستند. پیشرفت و تحقیقات زیاد در مورد آنتن میکرو-استریپ به علت وزن سبک و حجم کم و هزینه پایین این آنتن صورت گرفت.

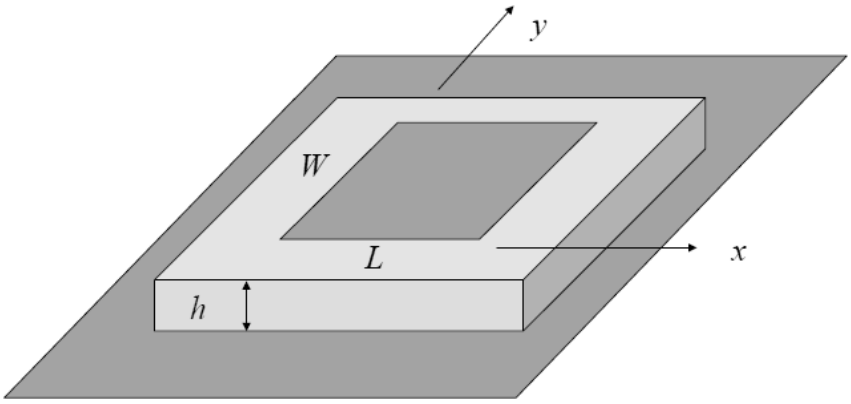
در ساده ترین حالت ممکن، یک آنتن میکرو استریپ از قرار دادن یک پچ فلزی مستطیلی روی زیر لایه ی دی الکتریک تحقق می یابد. این آنتن به آسانی روی موشک ها و ماهواره ها، بدون نیاز به تغییرات اساسی به کار برده می شود. از مهمترین کاربرد های آن در مخابرات ماهواره ای، مخابرات موبایل، رادار های سبک می باشد. در عملکردهای فضاپیما و هواپیما، ماهواره و کاربردهای موشکی، جایی که اندازه و وزن و آسانی نصب محدودیت ایجاد می‌کند، آنتن های میکرو استریپ بهترین گزینه انتخابی می‌باشند. آنتن های میکرواستریپ اغلب به طور مجتمع با دیگر مدارهای مایکروویو ساخته می شوند[۱].

اغلب آنتن های میکرواستریپ ساختار ساده و استفاده فراوانی دارند. جنس پچ میکرواستریپ که قطه-ای هادی می‌باشد و روی لایه ای از دی الکتریک انتخابی با شرایط کاری و مورد نیاز برای آنتن با ارتفاع h قرار می‌گیرد، طلا یا مس که دارای هدایت الکتریکی بسیار بالاست می‌باشد، قسمت زیرین زیر لایه صفحه زمین قرار دارد که باعث می‌شود تشعشع به سمت بالا اتفاق بیفتد، شکل (۱-۱). پچ

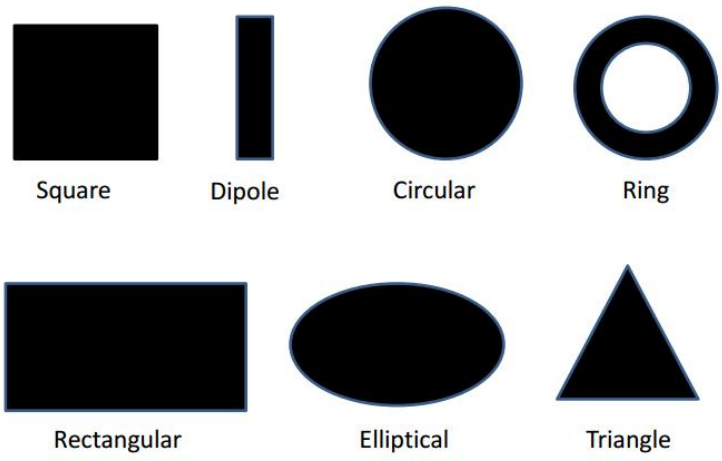
[۱] Microstrip antenna

[۲] Patch antenna

تشعشع کننده می‌تواند به هر شکلی باشد. شکل‌های مرسوم که تحلیل آنها ساده است در زیـر نشـان داده شده اند، شکل (۱-۲).



شکل ۱-۱. نمای کلی آنتن پچ میکرواستریپ



شکل ۱-۲. انواع پچ های رایج در آنتن میکرواستریپ

۱-۲ مزایا و معایب وکاربرد آنتن های پچ میکرواستریپ

مزایا :

ضخامت[۱] و حجم کم

سبکی و ارزانی

قابلیت مجتمع سازی با سایر مدارت

کاربردهای آرایه ای

معایب:

بازده تابشی کم [۲]

توان تشعشعی کم

خواص ضعیف قطبیدگی[۳]

تابشهای تغذیه ای ناخواسته[۴]

پهنای باند کم

کاربردها:

از مهم ترین کاربردهای این آنتن در مخابرات ماهواره ای، مخابرات موبایل، رادارهای سبک می‌باشد. در عملکردهای فضاپیما و هواپیما، ماهواره و کاربردهای موشکی، جایی که اندازه و وزن و آسانی نصب محدودیت ایجاد می‌کند، آنتن های میکرواستریپ بهترین گزینه انتخابی می‌باشند.

---

[۱] profile

[۲] Radiation effect

[۳] Polarization

[۴] Probe feed radiation

۱-۳ روشهای تحلیل آنتن میکرو استریپ

روش‌های تحلیل متفاوتی برای آنتن میکرواستریپ وجود دارد. رایج ترین مدل های تحلیل عبارتند از: مدل خط انتقال[۱]، مدل محفظه‌ی تشدید[۲] و مدل تمام موج[۳] که شامل معادلات انتگرالی معمولی و روش انتگرال های ممان است.

مدل خط انتقال آسان ترین روش تحلیل است. این روش به واقعیت های فیزیکی نزدیک تر می‌باشد، و محاسبات کمتری نیاز دارد، اما به طور کامل دقیق نیست. در این روش آنتن به یک خط انتقال با مشخصات سلفی و خازنی و هدایت و مقاومت (L,C,G,R) تشبیه می‌شود، سپس با استفاده از روابط مداری و قوانین کیرشهف تحلیل ها ادامه پیدا می‌کند. مدل محفظه ی تشدید در مقایسه با مدل خط انتقال دقیق تر ولی پیچیده تر است. علت آن پیچیدگی تخمین ها و ایجاد شرایط برای تحلیل کامل است .

مدل تمام موج از دو روش بالا دقیق تر و روان تر است. در این روش تحلیل می‌توان المان های جدا از هم و آرایه ای، محدود و غیر محدود، پشته ای، با شکل های دلخواه و کوپل شده را مدل کرد. اما این مدل از دو مدل قبلی پیچیده تر است. زیرا در این روش هیچ حذفی در کار نخواهد بود و تمام مقادیر محاسبه می‌شوند. استفاده از حدس های حذف به وسیله ی شرایط مرزی امکان پذیر نخواهد بود وتمام مولفه ها بطور کامل بدست خواهند آمد. مدل خط انتقال برای پچ های دایروی و مستطیلی کاربرد بیشتری دارد.

۱-۳ روشهای تغذیه

تغذیه پچ تشعشع کننده آنتن های میکرواستریپ به روشهای متفاوتی انجام می‌شود. معمولا تطبیق بین خط تغذیه[۴] وآنتن مورد نیاز است. دستیابی به این تطبیق با انتخاب مناسب مکان تغذیه و ابعاد

[۱] Transmission line
[۲] cavity
[۳] Full-wave
[۴] Feed line

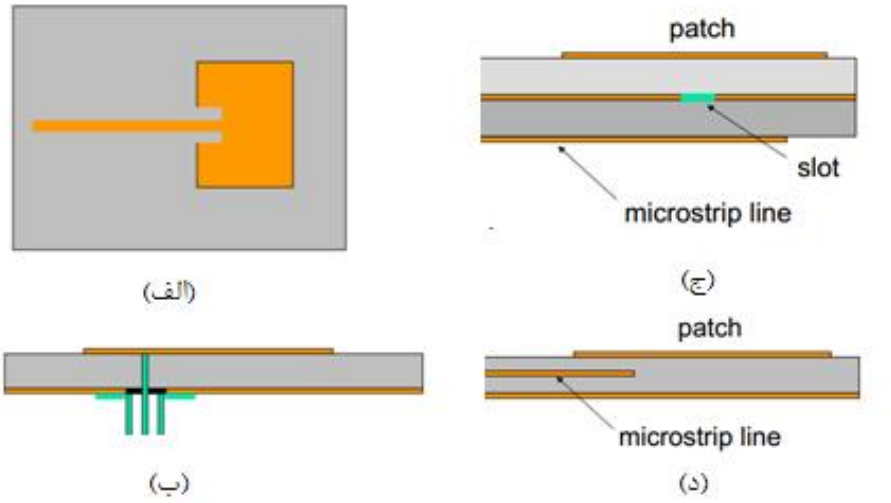
آن امکان پذیر است. البته مکان تغذیه ممکن است بر خواص تشعشعی آنتن تاثیر بگذارد. بطور کلی چهار روش معمول تغذیه مطابق شکل(۱-۳)عبارتند از:

۱. خط میکرواستریپ در صفحه[۱]

۲. کابل هم محور[۲]

۳. تزویج روزنه ای[۳]

۴. تزویج مجاورتی[۴]



شکل۱-۳. انواع روشهای تغذیه درآنتن میکرواستریپ

(الف) خط میکرواستریپ در صفحه. (ب)کابل هم محور. (ج) تغذیه ی روزنه ای .(د) تغذیه مجاورتی

---

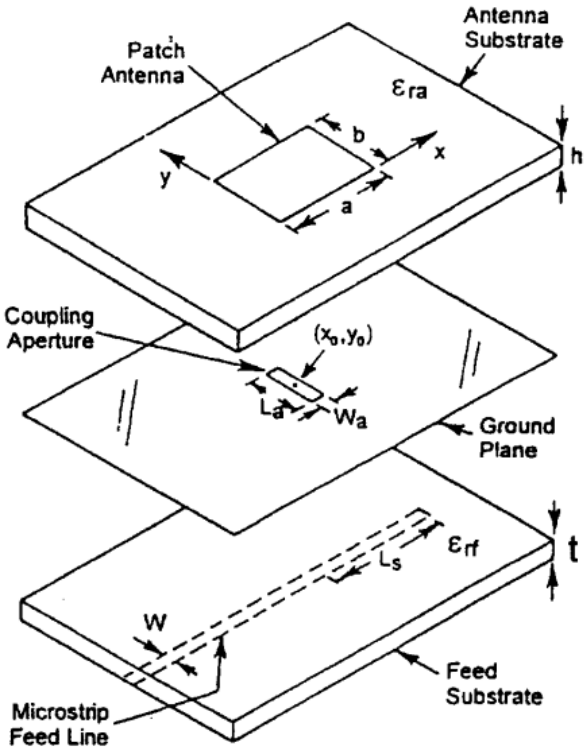
[۱] Microstrip line
[۲] Coaxial probe
[۳] Aperture coupling
[۴] Proximity coupling

فصل دوم

آنتن میکرواستریپ با تغذیه روزنه ای

۲-۱ شکل کلی و مدار معادل

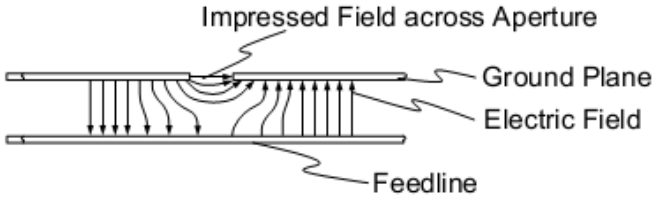
شکل زیر نمای یک آنتن میکرواستریپ با تغذیه روزنه ای را نشان می‌دهد [۲]:



شکل۲-۱. نمای کلی یک آنتن میکرواستریپ با تغذیه روزنه ای

با شروع از ورودی آنتن، یک خط تغذیه میکرواستریپ مشاهده می‌شود. در فاصله‌ی دور از روزنه، خط تغذیه با استفاده از تئوری خط انتقال با امپدانس مشخصه Z_{0f} مدل می‌شود. یک طرف پـورت ورودی وصل شده و طرف دیگر باز گذاشته شده است. توجه شود که خط تغذیه دقیقا در زیرروزنه تمام نمی-شود و همانطور که خواهیم دید نقش مهمی در تطبیق امپدانس آنتن خواهد داشت. این قسمت قطعه

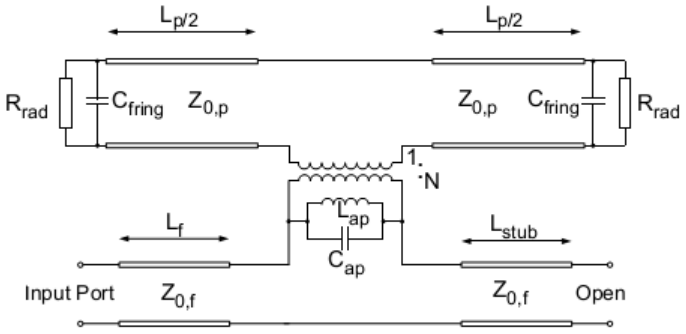
فرعی[1] نام دارد. در ابتدا تزویج بین خط تغذیه و روزنه بصورت یک المان با سه ورودی، و روزنه بصورت المان دو ورودی و در نهایت پچ تشعشعی بصورت یک المان تک ورودی در نظر گرفته می-شود. تزویج بین خط تغذیه و روزنه با استفاده از شکل زیر نشان داده شده است که میدان الکتریکی در روزنه بطور مستقیم هدایت می‌شود و خود روزنه می‌تواند بصورت یک مدار ذخیره موازی با اندوکتانس L_{ap} و ظرفیت C_{ap} مدل شود[۲].



شکل ۲-۲. نمایش نحوه هدایت میدان الکتریکی به داخل روزنه

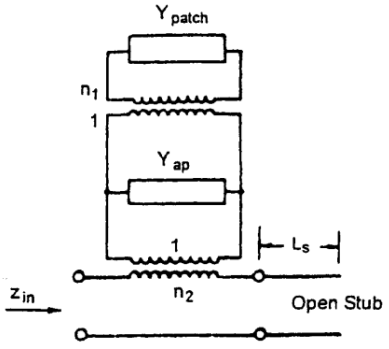
پچ تشعشعی نیز می‌تواند بصورت یک خط انتقال با انتهای باز مدل شود، برای محاسبه‌ی میدان های حاشیه‌ای در هر انتها یک C_{fring}و R_{rad} در نظر گرفته شده است که تشعشع از پچ را مدل می‌کند. امپدانس مشخصه‌ی خط انتقالی که پچ را مدل می‌کند (Z_{0p}) ، با امپدانس مشخصه ی خط انتقالی که خط تغذیه را مدل می‌کند (Z_{0f})، فرق دارد لذا برای انتقال سطح امپدانس از یک ترانسفورمر امپدانس با ضریب N استفاده شده است که مابین روزنه و پچ مطابق شکل زیر قرار می‌گیرد[۲].

[1] stub



شکل ۲-۳. مدارمعادل خط انتقال آنتن میکرواستریپ با تغذیه روزنه ای

در نهایت با استفاده از نظریه خط انتقال برای شکل بالا یک مدار معادل ارائه می‌گردد.



شکل ۲-۴. مدار معادل الکتریکی آنتن

مدار معادل پچ تشعشع کننده نیز با استفاده از تئوری خط انتقال برای یک خط با پهنای b و ادمیتانس لبه‌ای $G_r + jB_{open}$ بصورت زیر می‌باشد.